

# NIANGA, LABORATOIRE DE L'AGRICULTURE IRRIGUÉE EN MOYENNE VALLÉE DU SÉNÉGAL

Éditeurs scientifiques

P. BOIVIN, I. DIA, A. LERICOLLAIS,  
J.-C. POUSSIN, C. SANTOIR et S.M. SECK



Ateliers ORSTOM - ISRA  
à Saint-Louis (Sénégal),  
du 19 au 21 octobre 1993

Nianga,

Laboratoire de l'agriculture irriguée  
en moyenne vallée du Sénégal

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustrations, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.



Atelier ORSTOM - ISRA  
du 19 au 21 Octobre 1993, Saint-Louis, Sénégal

**NIANGA,  
LABORATOIRE DE L'AGRICULTURE IRRIGUEE  
EN MOYENNE VALLEE DU SENEGAL**

□ □ □

Éditeurs scientifiques :

P. Boivin, I. Dia, A. Lericollais, J.C. Poussin, C. Santoir et S.M. Seck

---

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection COLLOQUES et SÉMINAIRES

Paris, 1995

# La diversification des cultures

□ □ □

J. P. Gay\* et C. Dancette\*\*

\* Agrophysiologiste : Coopération française, CIRAD-CA, ISRA.

\*\* Agronome-bioclimatologiste : Coopération française, CIRAD-CA, ISRA.

L'agriculture irriguée constitue en milieu sahélien un recours privilégié pour réduire le déficit céréalier du pays et sécuriser les revenus agricoles. Actuellement, si l'on fait exception des 7.000 ha de canne à sucre cultivés par la CSS. (Compagnie Sucrière Sénégalaise), 90% des surfaces irriguées sont consacrées au riz. La politique de désengagement de l'Etat et de privatisation de la filière riz va conduire à une baisse des revenus des producteurs. Face à cela, deux alternatives ont été proposées dans le Plan de Développement de la Rive Gauche (PDRG) : d'une part l'intensification de la culture du riz, d'autre part le développement des cultures irriguées de diversification par rapport au riz. Ces alternatives doivent être compatibles : d'une part avec la durabilité des systèmes de culture et de production, et d'autre part avec la préservation des ressources naturelles. Seul le développement des cultures irriguées de diversification est pris en compte ici.

## LES ACQUIS

De nombreux travaux ont été réalisés sur les cultures de diversification dans la vallée du fleuve Sénégal. Les résultats obtenus sont donnés espèce par espèce dans une synthèse récente de Dancette *et al.* (1993). Après un rappel historique des principales étapes de la recherche et du développement, les points forts de ces acquis sont repris en complément du tableau 1 qui donne les principales sources bibliographiques.

## Historique de la recherche et du développement

Répondant à l'intérêt et à la volonté manifestés par le baron Roger, nouveau gouverneur de la colonie en 1817, les premières expérimentations agricoles ont commencé avec l'installation à Ndiao (devenu par la suite Richard-Toll) d'un jardin et d'une pépinière confiés au jardinier chef Richard (Hardy 1921).

L'une des priorités est alors donnée au développement de la culture du cotonnier, ce qui ne satisfait pas le baron Roger qui écrit en 1824 à Richard : "Vous m'annoncez que vous avez planté du coton, ce qui m'intéresse peu car vous n'en avez planté que trop. Ce que je vous recommande, c'est d'essayer toutes sortes

d'autres cultures dans la plaine et sur la berge. C'est de semer beaucoup de riz, de sésame, de *carthame*, du *séné* surtout, des arachides, du maïs, etc. Plantez des cannes à sucre... Faites les mêmes tentatives sur les caféiers... semez des haies... ". Par la suite le baron Roger, insiste pour que Richard ne se cantonne pas à des introductions dans le seul jardin d'essai, et pour qu'il s'oriente vers des applications en grandes cultures. En 1826 il lui écrit : "Allons !, courage ! portez désormais tous vos soins hors du jardin. Des grandes cultures !, des grandes cultures !, c'est là qu'il y a désormais honneur et profit. " Des résultats encourageants sont alors obtenus sur des productions locales telles que oignons, tomates et piments, ou sur des productions introduites : bananiers, papayers, dattiers, cocotiers. Outre le coton et le riz, la pistache de terre (l'arachide), le ricin, l'indigo, l'*Hibiscus cannabinus* donnent également de bons résultats. En arboriculture, des espèces méridionales telles que : l'olivier, le figuier, le mûrier, l'oranger, le pistachier et le jujubier s'adaptent bien, contrairement à d'autres comme le théier, le caféier, le cacaoyer et de nombreuses espèces fruitières des zones tempérées.

Par la suite, l'enthousiasme des débuts tombe rapidement pour plusieurs raisons liées au climat, à l'insalubrité et aux épidémies, à l'insécurité et l'instabilité politique, au manque d'investissement. Ainsi, les résultats prometteurs des premières années n'aboutissent pas à une colonisation agricole importante. Les cultures maraîchères et fruitières irriguées se développent surtout à proximité de Saint-Louis, principalement pour les besoins d'une population expatriée peu importante, alors que le commerce porte surtout sur des productions agricoles non irriguées telles que la gomme arabique et l'arachide, provenant du centre nord du pays.

Bien que les potentialités de l'agriculture irriguée soient mises en évidence dès la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, il faut attendre 1934, avec la création de la MAS (Mission d'Aménagement du Sénégal) et la mise en place d'aménagements importants, qui seuls permettent une maîtrise satisfaisante de l'eau et de la salinité, pour observer une relance du développement et de la recherche agricole.

En matière de développement la MAS, créée peu avant le second conflit mondial, doit attendre 1945 pour pouvoir réaliser des aménagements à une échelle plus importante. L'exemple le plus connu est la création du casier de Richard-Toll en 1946. Il utilise la retenue naturelle, artificiellement améliorée, du lac de Guiers, et est étendu à 6.000 ha dès 1956. Après l'indépendance du Sénégal en 1960, le gouvernement décide de poursuivre la mise en valeur et confie la mise en place d'une riziculture villageoise dans le delta à l'OAD. (Organisation Autonome du Delta) et dans la vallée à l'OAV. (Organisation Autonome de la Vallée). La mise en valeur du casier de Richard-Toll est confiée à la SDRS (Société de Développement Rizicole du Sénégal). En 1964, l'OAD et l'OAV. fusionnent et donnent naissance à la SAED (Société d'Amé-

nagement et de mise en Valeur du Delta). En 1970, la CSS (Compagnie Sucrière Sénégalaise) prend la succession de la SDRS et assure la reconversion en canne à sucre du casier rizicole de Richard-Toll. Il s'agit alors de la première forme de diversification observée dans la vallée en culture irriguée.

La recherche agricole se développe à partir de 1950 avec la DSA (Direction des Services Agricoles) et l'ORSTOM. En 1960 l'IRAT (Institut des Recherches Agronomiques Tropicales et des cultures vivrières) s'installe à Richard-Toll. De 1960 à 1974, année de création de l'ISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles) qui prend la relève de l'IRAT, les travaux de la recherche portent essentiellement sur le riz de casier, le sorgho de décrue, le maïs, le blé et la canne à sucre. Pour cette dernière espèce, ce sont les travaux intenses conduits de 1960 à 1968 qui mettent en évidence les intérêts agronomique et économique de cette spéculation et préparent la création de la CSS. De 1968 à 1976, la collaboration entre l'IRAT et la F.A.O., dans le cadre d'un projet PNUD-FAO-OMVS, est intense. Les résultats les plus intéressants en matière de diversification se rapportent aux céréales (blé, maïs et sorgho) et aux légumineuses (*niébé* et soja).

### Les cultures de diversification

Le tableau 1 montre qu'une vingtaine d'espèces, ou plus, ont été travaillées : parmi elles des céréales (maïs, sorgho, blé, mil), des légumineuses (soja, tournesol, arachide, *niébé*), des cultures industrielles (tabac, canne à sucre, tomate, coton), des cultures maraîchères, fourragères ou fruitières.

Le niveau des acquis varie de façon sensible d'une espèce à l'autre. Toutefois, la quasi totalité des travaux cités a été obtenue en station en cherchant à optimiser la culture étudiée sans replacer celle-ci dans les systèmes de culture pratiqués par les paysans. Cela se traduit par des lacunes importantes en matière de calage des calendriers cultureux, d'itinéraires techniques, de gestion de l'eau...

### Les calendriers cultureux et les problèmes relatifs à la culture intensive, continue et durable

Les figures 1, 2 et 3 (Dintinger 1993) donnent un aperçu synthétique des principales possibilités de calage du cycle des cultures expérimentées dans la vallée : soit en culture annuelle unique (figure 1), soit en culture annuelle double (figure 2), soit en culture annuelle triple (figure 3), soit enfin en trois cultures sur deux ans (figure. 4). Les problèmes de calendrier cultural sont très complexes. Toutefois, les contraintes les plus graves ne sont ni climatiques, ni purement techniques : elles relèvent le plus souvent de l'organisation collective des périmètres, de l'accès aux crédits et aux intrants, du mauvais état du matériel de pompage, sans oublier l'existence de filières incitatives ou non.

ESPÈCES	RÉFÉRENCES
<b>VIVRIÈRES</b>	
MAÏS	Delolme 1936, Sapin 1963, Tourte 1965, Nieman 1969, Rijks 1976, Moscal 19786-1980, Diémé 1982, Jamin 1985-86, Rouanet et Piéri 1986, Clerget 1988, Volper 1991, A. Ndiaye 1991, Goebel 90-91-92-93, Gay 91-92-93, Volper 93, Dancette et al. 93.
SORGHO	IRAT 1969, Castiaux 1970, Jamin 1983-86, Rijks 1976, Luce 1988, Trouche et Cissokho 1992.
BLE	Pan 1969, Sapin 1971, Rijks 76, Moscal 78, Jamin 86.
PETIT MIL	Castiaux et Philippe 1971, Fofana 92.
NIÉBÉ	Castiaux et Philippe 1971, Sapin 1963, IRAT 1972, Rijks 1976, Moscal 1978.
<b>OLEAGINEUSES</b>	
SOJA	Moscal 1978, Dancette 1983.
TOURNESOL	Sapin 1963.
ARACHIDE	Castiaux et Philippe 1971, IRAT 1968, Nieman 1969, Jamin 1983, Clavier 1992, Clouvel 1993.
<b>INDUSTRIELLES</b>	
TABAC	Nieman 1969, Vanbercie 1970, Castiaux et Philippe 1971.
CANNE à SUCRE	IRAT 1960 à 1970, CSS 1972 à 1993
COTON	Hardy 1921, CFDT 1959 à 1962, Poulain 1970, Dancette 1983, SODEFITEX 1992.
TOMATE	IRAT avant 74, Reynard 1983, ISRA-CDH, Pagès 1991.
<b>FOURRAGERES</b>	IRAT avant 1970, Diatta 1992.
<b>FRUITIERES</b>	Nieman 1969, Castiaux et Philippe 1971.
<b>MARAICHERES</b>	
OIGNON, CAROTTE, HARICOT, CHOU, PATATE DOUCE,...	Reynard 1983, de Bon 1991, ISRA, Pagès 93.

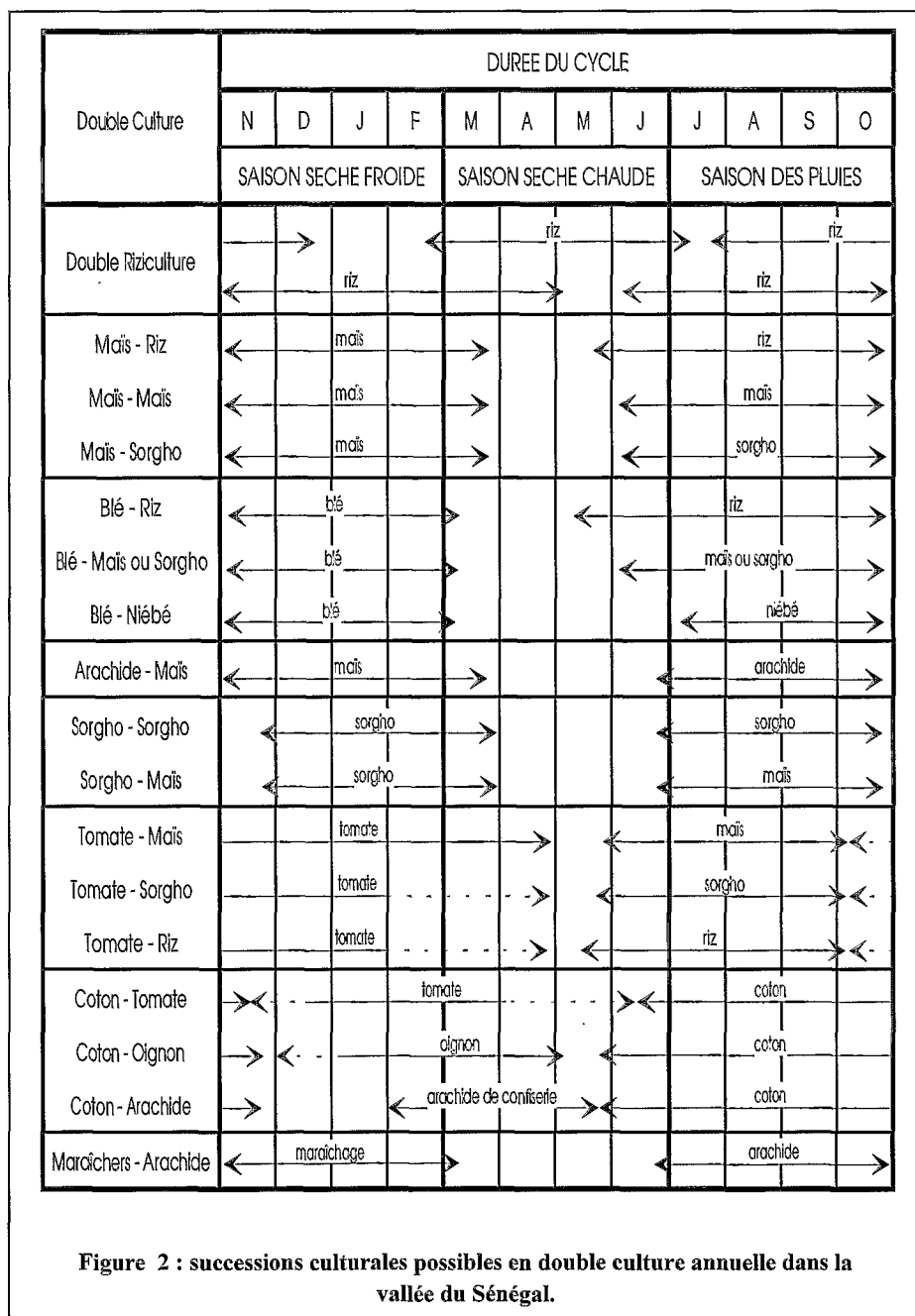
**Tableau 1 : principales espèces de diversification qui ont fait l'objet de travaux de recherche**

La culture continue, telle que la double voire triple culture annuelle, qui nécessite la présence plus ou moins permanente du producteur sur le périmètre, soulève de nombreux problèmes qui ne sauraient être passés en revue dans ce document. Cependant la question est d'importance. La rentabilisation des grands barrages et des aménagements, la valorisation maximale du climat, de l'eau, des sols et du potentiel humain, sont difficilement concevables, à long terme, sans une intensification des systèmes de culture pratiqués. Il convient dans ce domaine d'être vigilants, car cette intensification ne sera durable que si elle permet d'améliorer ou de maintenir la fertilité prise dans son sens le plus large en veillant particulièrement à ce qu'elle ne contribue pas à provoquer ou à accélérer la dégradation du milieu.



Culture	DUREE DU CYCLE											
	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
	SAISON SECHE FROIDE				SAISON SECHE CHAUDE				SAISON DES PLUIES			
Riz							→					←
Maïs	←				→			←				→
Sorgho	←				→			←				→
Blé	←			→								
Arachide						arachide de confiserie cycle court			←	arachide de bouche cycle long		
Niébé	←			→					←			→
Tomate					→							←
Oignon		←					→					
Patate douce		→						←				
Pomme de terre	←				→							
Chou					→							←
Carotte					→							←
Haricot vert				→								←
Piment				→				←				
Cucurbitacées	←					→						
Melon	←				→							
Pastèque	←	→					→				←	
Coton		→						←				

**Figure 1 : calendrier d'occupation des sols par les principales cultures annuelles dans la vallée du fleuve Sénégal.**



Triple Culture	DUREE DU CYCLE											
	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
	SAISON SECHE FROIDE				SAISON SECHE CHAUDE				SAISON DES PLUIES			
Triple Riziculture												
Blé - Riz - Riz												
Blé - Sorgho - Maïs												

**Figure 3 : successions culturales possibles et testées en station en triple culture annuelle dans la vallée du Sénégal.**

DUREE DU CYCLE																							
N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
S. S. FROIDE				S. S. CHAUDE				S. DES PLUIES				S. S. FROIDE				S. S. CHAUDE				S. DES PLUIES			

**Figure 4 : successions de 3 cultures sur 2 ans.**

## Les itinéraires techniques

Il n'est pas possible de détailler les itinéraires techniques qui peuvent être préconisés pour chaque culture de diversification. Il est toutefois possible de tirer les grandes règles générales communes à la plupart des espèces concernées.

### La préparation du sol

Comme cela a été dit dans le chapitre précédent, elle doit permettre un enracinement profond et homogène. Cela implique d'une part, l'absence d'obstacle physique à l'enracinement dans tout le profil tels que des horizons compactés ou colmatés, d'autre part une distribution homogène de l'eau dans le profil en réduisant le plus possible les périodes de saturation aussi bien que les périodes d'assec. Ces conditions sont plus faciles à réunir dans les sols légers ce qui amènera à les privilégier pour implanter les cultures de diversification. Dans les sols lourds, comme on peut réaliser deux, voire trois cultures par an, il convient de rechercher des solutions plus économiques et moins dispendieuses en énergie en n'effectuant qu'un seul travail de préparation profond par an. Ainsi le billonnage succédant à un labour profond doit être utilisé pour plu-

sieurs cultures successives, la reprise superficielle des billons pouvant suffire entre chaque culture.

### Le mode d'irrigation.

Il doit prendre en compte le type de sol, sa préparation ainsi que le mode de gestion de l'eau dans le périmètre. Il a déjà été dit que seul le riz est bien adapté à l'irrigation par submersion à plat. Pour toutes les autres cultures, ce mode d'irrigation pénalise la plante qui ne peut pas exprimer la totalité de son potentiel. L'irrigation à la raie, dans la mesure où elle est bien maîtrisée, doit lui être préférée, en particulier dans les sols lourds. Toutefois, la confection de billons représente un travail important et coûteux pour lequel il est nécessaire de rechercher des solutions plus économiques en temps et en énergie, surtout lorsqu'on ne dispose pas d'équipement mécanisés puissants.

Quant aux sols de *jeeri*, très sableux et très peu exploités actuellement, ils sont potentiellement exploitables avec l'irrigation par goutte à goutte ou par aspersion. Les résultats de Volper (1993) et Gay (1993) montrent que les plus fortes productivités en maïs (10 t/ha) sont obtenues avec des irrigations par aspersion sur ce type de sol. Des recherches sont actuellement en cours sur diverses espèces à la CSS sous pivomatic.

### La fertilisation

Elle doit être adaptée aux espérances de productivité en respectant les normes admises pour chaque culture. Dans un souci de préservation des sols, lorsque pour un même élément fertilisant plusieurs formulations sont disponibles sur le marché, il faut toujours privilégier la moins alcalinisante et la moins défloculante pour les argiles.

Compte tenu du coût croissant des engrais chimiques, il convient d'exploiter davantage d'autres solutions techniques telles que : l'utilisation des engrais organiques en intégrant l'élevage, la fabrication de composts en exploitant la filière du biogaz, l'association avec les arbres et arbustes fixateurs d'azote, *etc.*

### La protection des cultures

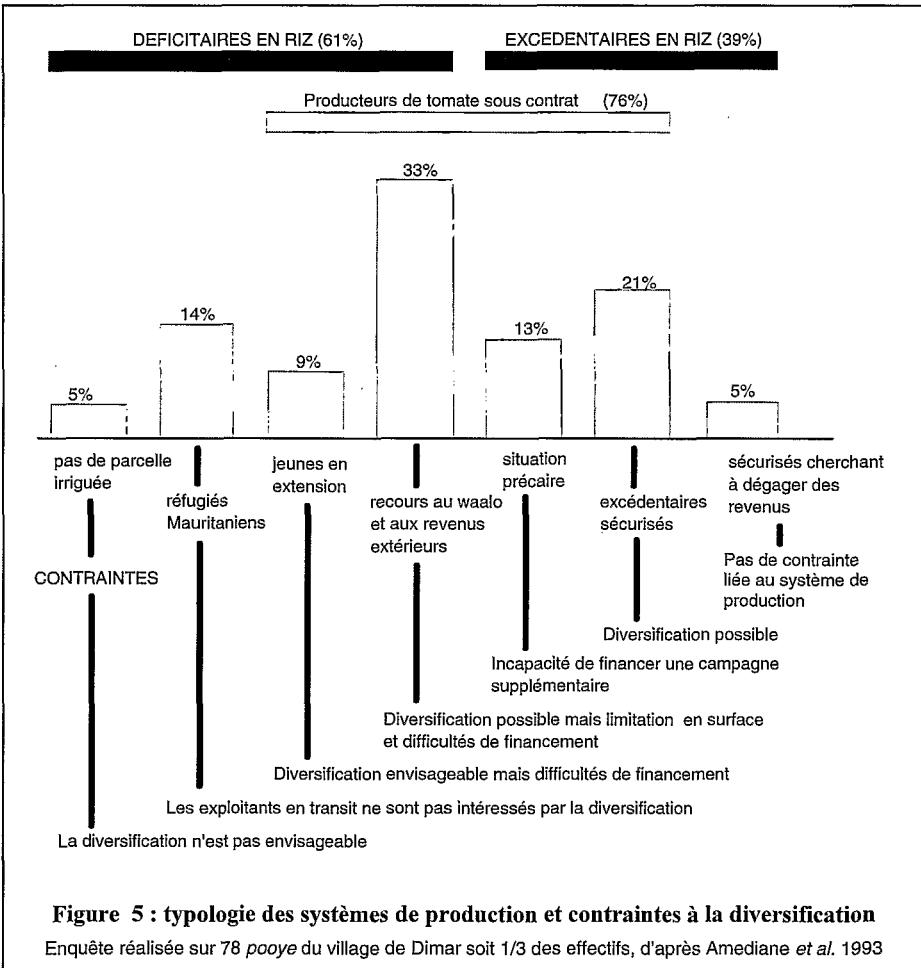
Elle doit faire appel à des méthodes de lutte intégrée prenant en compte les techniques culturales, les rotations, les calendriers cultureux, l'utilisation de variétés tolérantes et les luttes biologique et chimique.

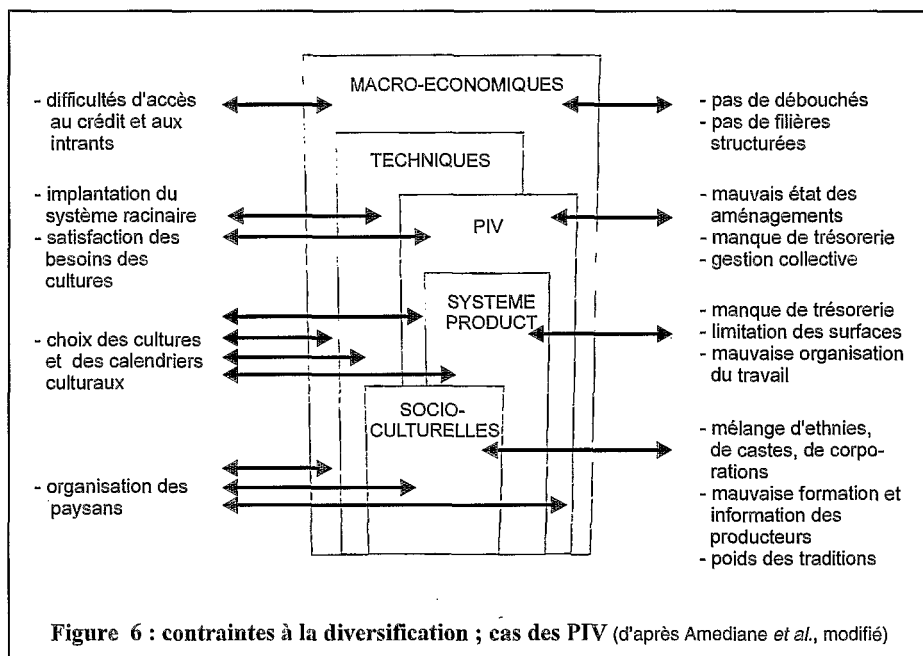
Le contrôle des adventices est l'une des principales contraintes des producteurs. La lutte chimique qui est onéreuse et n'est pas efficace contre toutes les espèces rencontrées dans la vallée, doit être complétée par des techniques culturales et des calendriers cultureux adaptés.

## LES CONTRAINTES À LA DIVERSIFICATION

Les contraintes qui s'opposent à la diversification sont nombreuses et variées selon que l'on a affaire à de petits périmètres villageois ou privés, à de moyens ou de à grands périmètres. Dans le cas précis des petits périmètres villageois, Ameydiane *et al* (1993) ont réalisé une étude très ponctuelle dans la basse vallée du fleuve Sénégal, dans le département de Podor. Elle vise à identifier la demande des producteurs ainsi que les contraintes à la diversification dans cette région. Les résultats permettent de classer les contraintes en cinq groupes selon qu'elles sont dues : aux systèmes de production, aux types de périmètres irrigués, ou à des problèmes d'ordre macro-économique, culturel ou technique. Des études similaires sont envisagées pour les autres types de périmètres et plus particulièrement les petits périmètres privés.

### Les contraintes liées aux systèmes de production





Dans cette région, chaque famille dispose d'un nombre réduit de parcelles, une ou deux, dans deux à trois périmètres ce qui donne une surface utile de 1 à 2 hectares par famille, chacune pouvant comprendre 5 à 12 personnes, ou plus. Dans ces conditions, la première priorité du paysan est de produire le riz dont il a besoin pour nourrir sa famille. La deuxième priorité, liée à la précédente, est de financer la mise en place de ses cultures de riz : intrants parmi lesquels les engrais, les semences, l'eau, le gas-oil, *etc.*, et de régler les dettes du ménage. Il obtient la trésorerie nécessaire en consacrant une partie de ses terres à la culture de la tomate sous contrat avec un industriel, en vendant une partie de son riz ou de son petit bétail, ou en faisant appel à des revenus extérieurs à l'exploitation (doubles activités, apports monétaires des expatriés...).

Dans ces conditions, les contraintes à la diversification peuvent être : la taille insuffisante de l'exploitation qui permet juste d'atteindre l'autosuffisance, le manque de main d'oeuvre disponible et, d'une façon quasi générale, le manque de trésorerie.

### Les contraintes liées au type de périmètre :

A l'exception des périmètres privés, qui sont encore rares dans cette zone, tous les périmètres sont gérés collectivement, en Groupements d'Intérêt Economique (GIE), au mieux des intérêts de la majorité des membres. Ces périmètres sont régis par des règles très précises et très strictes en matière d'affectation des surfaces, des cultures, et d'attribution de l'eau en particulier. Chaque GIE dispose en général d'une seule moto-pompe qui, par manque de trésorerie, est

mal ou pas amortie et plus ou moins bien entretenue. L'objectif des paysans étant la sécurité alimentaire, ils ménagent leur pompe en ne faisant qu'une culture par parcelle et par an. La double culture est, de ce fait, pratiquée dans l'espace plutôt que dans le temps. Toujours dans un souci de réduire au maximum les sorties de trésorerie, les tours d'eau sont organisés de façon très stricte. L'eau n'est disponible pour chaque parcelle que pendant un créneau de temps bien précis, en fonction de tours d'eau espacés de 2 à 3 semaines. Toute initiative de diversification et d'intensification individuelle est, de ce fait, rendue quasiment impossible. Par ailleurs, le droit à l'eau et les charges afférentes sont identiques pour tous les membres d'un GIE, le plus souvent sur la base de la culture du riz. Il n'y a pas de réduction du coût de l'eau, donc pas d'incitation pour les producteurs qui souhaiteraient choisir une culture de diversification plus économe en eau.

### Les contraintes d'ordre macro-économique :

Elles sont de toute première importance. Lorsque l'on demande à un paysan pourquoi il ne fait pas d'autres cultures que le riz, il retourne presque toujours la question en demandant ce qu'il faut produire et à qui il faut vendre. L'absence de filières de diversification attractives en dehors de la tomate et de l'oignon dont les marchés sont peu étalés dans le temps et trop vite saturés, est une contrainte majeure.

### Les contraintes culturelles :

En plus des facteurs liés au mélange des ethnies, des castes, des corporations, *etc.*, interviennent des contraintes dues aux traditions et au manque de formation, ou d'information, des producteurs. L'encadrement et la formation des producteurs sont dans presque tous les cas très limités, voire inexistantes.

### Les contraintes techniques :

Bien que classées en dernière position elles revêtent une importance toute particulière. Elles sont communes à tous les types de périmètres.

Tous les aménagements en place dans la vallée ont été conçus pour la culture du riz inondé avec pour objectif de maintenir une lame d'eau de 10 à 20 cm d'épaisseur dans le fond des casiers pendant une grande partie de cycle de végétation. Pour une meilleure valorisation de l'eau et plus précisément pour éviter les pertes par infiltration, les casiers rizicoles sont implantés dans des sols lourds. Le fond du labour avec présence d'une semelle de labour est situé à 10 ou 15 cm de profondeur. Il constitue un obstacle aux infiltrations et, par voie de conséquence, c'est également une barrière infranchissable pour les racines. La principale conséquence est que seule la couche arable est exploitable par la plante.

Dans le cas de la culture du riz, cet horizon est saturé en eau pendant la période de culture. Pour cette plante qui est pourvue d'aérenchymes, sortes de

tubulures, qui relient les racines à l'air de la surface et leur permettent de "respirer sous l'eau", cette asphyxie racinaire n'est pas néfaste. Il se trouve que le riz est la seule culture équipée de cette façon qui se satisfasse très bien d'un horizon saturé en surface pendant toute la durée de son cycle. Pour toutes les cultures de diversification, les racines puisent l'oxygène qui leur est nécessaire directement dans les pores du sol, en même temps que l'eau et les éléments minéraux. Toutes les cultures de diversification sont pénalisées par la submersion. Leur tolérance à l'asphyxie varie selon l'espèce et le stade végétatif. Si le sorgho et certaines cultures fourragères tolèrent relativement mieux l'asphyxie racinaire après l'implantation de la culture que les autres espèces, le maïs et le coton la supportent très mal (Saglio et Pradet 1983, Follin 1993).

De plus, du fait de la gestion collective de l'eau qui se traduit par des tours d'eau espacés de 2 ou 3 semaines, les cultures de diversification, enracinées très superficiellement dans les sols lourds, se retrouvent successivement et périodiquement en phases d'asphyxie racinaire puis de stress hydrique alternant avec de courtes périodes d'alimentation "normales". Pour le maïs, les pertes de productivité entraînées par cette alternance peuvent atteindre 50% (Volper 1993). Pour le coton l'excès d'eau entraîne non seulement une baisse de production des plantes, mais accroît également les attaques parasitaires de pourriture du collet et du flétrissement bactérien (Follin 1993). A cette faiblesse du système racinaire plus ou moins marquée entraîne par l'excès d'eau, il faut ajouter l'accroissement de la sensibilité à la sécheresse provoquée par un enracinement superficiel et déficient, lui même accru par la mauvaise qualité de certains aménagements.

En bref la diversification durable dans des casiers rizicoles ne peut se concevoir qu'après avoir identifié et levé les contraintes majeures liées : au type de sol, au mode de préparation du sol et au mode de conduite de l'irrigation à l'échelle de la parcelle et de la plante. L'objectif technique visé est de permettre un enracinement profond et une alimentation en eau adaptée aux besoins des cultures tout en préservant les sols. Si ces techniques ne peuvent pas être mises en oeuvre, il faut réserver les sols lourds et asphyxiants aux espèces tolérantes (sorgho, graminées fourragères) et les sols plus légers aux autres cultures les moins tolérantes telles que le maïs, le coton, l'arachide...

D'autres contraintes techniques, liées au climat existent. Elles déterminent le calendrier cultural possible pour chaque espèce. La pratique de l'irrigation permet de lever la contrainte climatique majeure du Sahel : la faiblesse des précipitations. En culture irriguée et en l'absence de températures très basses l'hiver, le riz et toutes les espèces de diversification sont théoriquement capables de se développer et de croître toute l'année sur la vallée du fleuve. Toutefois le rendement agronomique de ces espèces ; productivités en graines, en fruits, ou en fourrage, peut être fortement altéré par les conditions climatiques extrêmes.



Les principales contraintes climatiques sont les températures et l'humidité relative de l'air. Trop basses en décembre et janvier, elles peuvent entraîner une stérilité très importante chez le coton, le riz et l'arachide en fleurs. Respectivement trop élevées et trop basses en période d'harmattan, de mars à mai, elles s'accompagnent de très fortes demandes évaporatives et peuvent provoquer en quelques heures le dessèchement complet des cultures de maïs. Trop élevées au cours de l'hivernage, elles sont défavorables à la mise à fruit chez la tomate. Ces contraintes déterminent pour chaque espèce le créneau de temps pour lequel la culture est : conseillée, possible, ou déconseillée (voir figure 1).

La compétition entraînée par la présence d'adventices dans les cultures ainsi que les dégâts occasionnés par les ravageurs et les maladies, sont également des contraintes qui peuvent provoquer des chutes très sensibles de la productivité des cultures de diversification.

## LES PROJETS DE RECHERCHE

Malgré les acquis importants dans le domaine des cultures irriguées de diversification sur la vallée du fleuve Sénégal, plusieurs lacunes importantes subsistent : soit sur le plan technique comme cela vient d'être dit, soit sur le plan économique et social en matière de connaissance et amélioration des filières, de réduction des coûts de production... Ces lacunes rendent aujourd'hui très difficile le développement des cultures de diversification.

Pour pallier cela deux projets de développement et de recherche impliquant la rive gauche du Sénégal ont été déposés auprès des bailleurs de fonds : un projet CORAF de réseau de Pôles régionaux sur le thème des "Systèmes irrigués" et un projet pilote sur le développement et l'intensification des cultures irriguées de diversification dans la région de Podor (SODEFITEX-ISRA-CI-RAD-ORSTOM).

### Le projet de réseaux de Pôles régionaux sur les systèmes irrigués (CORAF)

Face aux problèmes induits par le désengagement des Etats, le Sénégal, la Mauritanie, le Mali et le Niger se sont concertés pour les aborder dans une démarche régionale cohérente, dans le cadre de la CORAF.

En s'appuyant sur les acquis des travaux de la recherche, et sur les centres d'intérêt de chacun des Etats partenaires, un programme régional de recherche pour le développement des cultures irriguées de diversification au Sahel a été élaboré. Ce programme sera réalisé dans le cadre d'un pôle régional dont le noyau dur sera basé à Saint-Louis mais qui possédera une antenne dans chacun des pays partenaires. A terme, il sera complété par deux autres pôles régionaux ; l'un sur l'intensification de la riziculture en Mauritanie, et l'autre sur la préservation des sols au Mali. Un quatrième pôle pourrait être installé

au Niger sur un thème qui reste à définir comme par exemple l'intégration de l'élevage et de l'arbre dans les systèmes irrigués. La coordination scientifique de l'ensemble sera assurée par une petite équipe basée à Saint-Louis.

Seul le pôle sur la diversification est développé ici. Son objectif est de proposer des solutions, ou d'apporter des éléments de réponse, aux problèmes qui se posent aux paysans et qui constituent des contraintes à la diversification des cultures irriguées. Les produits attendus sont essentiellement des outils d'aide à la décision pour les producteurs.

La programmation scientifique prévoit quatre opérations de recherche : l'analyse et l'amélioration des filières, l'amélioration variétale, la gestion de l'eau et des sols, et enfin l'amélioration des systèmes de culture. La réalisation concrète des recherches se fera principalement en milieu réel, pour un certain nombre de cultures et de situations agro-techniques identifiées comme étant susceptibles d'avoir à terme une importance économique. Des activités de formation de chercheurs, des agents de développement et des paysans de la région sont également programmées. Enfin, une animation régionale, indispensable à la cohérence scientifique, au transfert et à la valorisation des résultats, est prévue.

### Le projet pilote de développement des cultures irriguées de diversification dans la région de Podor

Ce projet pilote s'inscrit dans le volet "Appui au développement de la vallée du fleuve Sénégal" du programme indicatif national et se situe dans le cadre de l'amélioration des conditions de vie et du bien-être des populations. Il vise à préciser les filières de diversification agricole et agro-industrielles qui pourraient être développées sur l'ensemble de la vallée. Ces améliorations seront apportées en complément, ou en alternative, aux filières déjà existantes telles que celles du riz, de la tomate, des cultures maraîchères, des céréales de décrue, .... Cela permettra d'étendre et de promouvoir les productions locales, de réduire les risques d'insécurité alimentaire et responsabilisera les producteurs.

Le programme de travail a une durée de trois ans dans sa phase de projet pilote. Pendant cette phase, il est limité géographiquement au département de Podor. Il comporte quatre composantes : l'étude et la mise en place de systèmes de culture irriguée de diversification en milieu paysan, l'amélioration et la gestion de filières agricoles, la mise en place d'unités pilotes de transformation primaire des produits de récolte, et enfin la prise en compte de la complémentarité agriculture-élevage.

### La complémentarité de ces deux projets

Ces deux projets sont complémentaires :

- d'abord sur l'échelle de travail. Le pôle sur la diversification travaillera sur une région géographique assez vaste et variée : le sahel. A terme,

une vingtaine de sites expérimentaux sont prévus dans les vallées des fleuves Sénégal et Niger. Le projet pilote de Podor aura un maillage plus serré. Une vingtaine de sites sont prévus dans le seul département de Podor. Dans ce cas il est évident que certains aspects sociologiques ou techniques seront appréhendés avec une plus grande précision. Pour ces aspects, le pôle régional aura un rôle de démultiplication et de diffusion des résultats à une échelle beaucoup plus vaste.

- ensuite sur la problématique. Si le projet de Podor est limité à un département du Sénégal, l'étude des débouchés, l'analyse des filières, pour ne prendre que ces exemples, débordent largement des limites administratives d'un département. Les travaux réalisés par le pôle régional, à l'échelle du Sahel, seront alors des apports précieux.
- enfin sur l'approche. Si ces deux projets ont la même finalité : le développement des régions irriguées du sahel en s'appuyant sur une recherche faite directement avec les paysans, leurs approches sont sensiblement différentes et complémentaires. Le pôle régional se propose de diversifier les cultures dans un grand nombre de cas de figures, chacun correspondant à un, voire à deux sites expérimentaux. Ces situations seront choisies en fonction de leur importance régionale de façon à être le plus possible représentatives, à partir de clés de tri qui sont : le type de sol (lourd, léger, salé...), le type d'aménagement (grand, moyen, petit, privé, collectif...), les spéculations envisagées (riz et diversification ou diversification seule sur les mêmes parcelles...), la situation géographique (delta, basse ou moyenne vallée), le système de production pratiqué (cultures irriguées intensives seules ou système mixte avec un élevage fixe). Dans le cas du projet de Podor, non seulement le fait de travailler dans un seul département élimine une clé de tri, mais de plus ce projet privilégiera les sols intermédiaires filtrants mal adaptés à la culture du riz, et se limitera à quelques spéculations.

D'une façon générale, les résultats qui seront obtenus par l'un des projets, en terme de levée des contraintes, de préservation des sols ou d'étude des stratégies des paysans... seront directement exploitables par l'autre et bénéficieront à l'ensemble des producteurs.

En matière de formation et de diffusion de l'information, il y a également complémentarité de ces deux projets.

## CONCLUSION

Tous les travaux entrepris jusqu'à ce jour en matière de diversification des cultures par rapport au riz dans la vallée du fleuve Sénégal montrent que les potentialités techniques de production existent. Pour chaque espèce les contraintes climatiques, qui sont les plus difficiles à maîtriser, sont relativement bien connues. De ce fait le calendrier de culture optimum, pour chaque cul-

ture, est en général bien au point. La contrainte liée au sol la plus importante est sans conteste la faiblesse de l'enracinement qui est elle même la résultante d'interactions complexes entre le type de sol, son mode de préparation, son mode d'irrigation, la demande évaporative... Pour une espèce donnée, si l'on se rapproche le plus possible des conditions idéales de production, des rendements élevés peuvent être atteints ; 9 à 10 tonnes de maïs sec, 60 à 70 tonnes pour la tomate... Même si ces chiffres sont sans communes mesure avec la production moyenne observée sur la vallée, 1 à 2 tonnes pour le maïs, 20 à 25 pour la tomate, ils ont le mérite de montrer que dans la vallée, les conditions de production en culture irriguée sont particulièrement favorables. Les rendements élevés obtenus par la CSS pour le sucre, par la SOCAS ou la SNTI pour la tomate le confirment.

Dès lors, on peut se demander pour quelles raisons il y a un tel décalage entre la production réelle des paysans et la productivité potentielle théorique. La question est importante et sa réponse est l'un des noeuds de l'avenir du développement agricole de la vallée. Les contraintes qui sont à l'origine de ce décalage sont diverses. Il y a d'abord les contraintes d'ordre politique et socio-économiques qui font que le paysan n'est pas toujours très motivé pour produire. Il a en règle générale des garanties de débouché, de prix, de financement de sa campagne, trop aléatoires pour lui permettre de prendre les risques d'engager une production dont la productivité reste de toute façon incertaine jusqu'à la récolte. Il y a les contraintes liées au développement qui font que le paysan n'est pas toujours bien informé des possibilités qui s'offrent à lui. Il y a également les contraintes techniques qui résultent : soit d'aménagements qui n'ont pas été conçus pour les nouveaux objectifs assignés, soit d'équipements inadéquats, peu fiables, mal entretenus, trop vétustes, soit enfin, d'un manque d'informations et de formation scientifiques en agronomie.

Sur ce dernier point il serait bon de savoir pour quelles raisons les résultats de la recherche ne sont pas mieux valorisés. Avant de tenter d'apporter des éléments de réponse à cette question il faut préciser qu'il est faux d'affirmer que les résultats de la recherche sont toujours mal valorisés. La vallée du Sénégal est pour cela un bon exemple. L'économie agricole de la vallée repose sur trois pivots ; le riz, la canne à sucre et la tomate. Force est de constater que ces spéculations n'ont pu se développer que grâce aux travaux de recherche effectué entre les années 1950 et 1970. Cela ne veut pas dire que tout est parfait. L'une des lacunes principales que l'on trouve dans les travaux publiés, est le manque de prise en compte du fonctionnement de l'exploitation agricole dans son ensemble. D'une façon presque générale les cultures sont étudiées une par une en dehors du contexte du système de production ou du système de culture. Le paysan ne gère pas une culture, il gère une exploitation agricole. Ce sont les résultats de celle-ci qu'il cherche à optimiser même si cela se fait au détriment d'une spéculation. C'est dans ce domaine qu'il manque beaucoup d'informations.

C'est pour pallier ces lacunes que les deux projets, qui sont présentés ici, ont été conçus, pour apporter des réponses aux questions que se posent les producteurs en matière de diversification des cultures.

□ □ □

## BIBLIOGRAPHIE

- Agel C. & Yung J. M. 1985 : La filière maïs au Sénégal. *SEDES*, 109 pages.
- Amediane Y., J. Clément, S. Descotes & B. Keda 1993 : Identification des contraintes à la diversification des cultures sur les périmètres irrigués villageois : moyenne vallée du fleuve Sénégal, village de Dimar. *Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'agronomie tropicale ESAT/ CNEARC Montpellier*
- Anonyme 1986 : Les cultures maraîchères au Sénégal. *Bilan des activités 1972-1985. ISRA-CDH, FAO, AGCD*, 265 pages.
- Beye A. 1991 : Contribution à l'étude des systèmes de culture du maïs irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal Enquêtes et observations de parcelles. *Rapport de stage ENSA de Thiès*, 89 pages.
- Boutillier J. L. 1962 : La moyenne vallée du Sénégal (étude socio économique). *Livre Ministère de la Coopération - INSEE - Service de la Coopération*.
- Castiaux J. 1970 : La production des céréales dans la vallée. *Projet pour le développement de la recherche agronomique et de ses applications dans le bassin du Fleuve Sénégal, PNUD-FAO* 82 pages.
- Castiaux J. et Philippe J. 1971 : Rapport de synthèse d'enquête d'évaluation et de programmation. *Projet pour le développement de la recherche agronomique et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal, PNUD-FAO* 133 pages.
- Chéret M. L. 1960 : La vallée du Sénégal. *Tome de présentation. Mission d'aménagement du Fleuve Sénégal. Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre Mer*.
- Chevalier A. 1905 : Les végétaux utiles de l'Afrique Tropicale Française. *Dans: Chevalier A. et Perrot E., Historique de l'Agriculture en Afrique Occidentale française*
- Clerget B. 1988 : Programme d'amélioration du maïs pour les cultures irriguées de la vallée du Sénégal -Cadre et objectifs des recherches *Synthèse des travaux ISRA de 1984 à 1988, Montpellier IRAT/CIRAD*, 63 pages.
- Clouvel 1993 : Avancement des travaux de recherche - arachide irriguée. *Contrat CEE - ISRA* 26 pages
- Couey M. 1965 : Recherches rizicoles dans la région du Fleuve Sénégal. *Doc. ronéo IRAT/Richard Toll*.
- Crousse B., P. Mathieu, S. M. Seck, 1991 : La vallée du fleuve Sénégal - Evaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements (1980-1990). *Edition Karthala*, 380 pages.
- Dancette C. 1983 : Rapport mission Mauritanie, bilan des recherches ISRA dans la région du fleuve Sénégal, in *"Etat de l'Agriculture Mauritanienne et objectifs d'une recherche pour son développement"*. 23 pages

- Dancette C., L. Delangle, JP. Gay, J. Pagès, A. Diatta et R. Goebel 1993 : Synthèse sur le milieu et les acquis dans le projet de Pôle régional de recherche pour le développement des cultures irriguées au Sahel. *Réunion CORAF Saint-Louis avril 1993 44 pages*
- Dancette C., J. P. Gay 1993 : Diversification des cultures irriguées au Sahel. *Atelier systèmes irrigués 31 août et 1er septembre Montpellier. CIRAD/CA, ISRA, Coopération Française*
- De Bon H., F. Faye, J. Pagès 1991 : La production d'oignons dans le Gandiolois, Sénégal. *Onion news letter for the tropics n° 3 Juillet 1991 (3 pages)*.
- De Bon H., L. Bâ, J. Pagès 1992 : La culture de l'oignon dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. *Onion news letter for the tropics n°4 Juillet 1992 (5 pages)*.
- Delangle L. 1993 : Développement de la maïsiculture irriguée en milieu paysan. *Mémoire de fin d'études ISTOM 80ème promotion 70 pages*
- Delolme M. 1936 : Rapport sur l'agriculture dans la vallée du fleuve Sénégal. *Mission d'Aménagement du Sénégal, 229 pages*.
- Devèze J. C. 1992 : Bilan et perspectives des aménagements hydro-agricoles dans le delta du fleuve Sénégal. *CCCE, 36 pages*.
- Diatta A. 1988 : L'expérimentation fourragère sur la rive gauche du fleuve Sénégal 1970 - 1972. *ISRA, 35 pages*.
- Diatta A., F. Mbodj, J. César, G. Giovannozzi-Sermanni, S. Greco 1992 : Semi-intensification de la production fourragère par restauration de jachères et de parcours en vallée du Sénégal. *ISRA/DRPSA/EMVT/TUSCIA, 231 pages*.
- Dième E. 1982 : Connaissance de l'entomofaune de l'agrosystème maïs-coton au Sénégal. *ISRA, 44 pages*.
- Dintinger J. 1993 : Résumé des acquis techniques en matière de diversification des cultures annuelles dans la vallée du fleuve Sénégal - *fiches techniques par culture. CIRAD-CA 120 pages*.
- Dolle V. A. Lericollais, T. De Raymond, C. Dancette, M. Thome 1984 : Etat de l'agriculture mauritanienne et objectifs d'une recherche pour son développement. *Ministère des Relations Extérieures - Coopération et Développement. Paris - France*.
- Engelhard P. 1987. Enjeux de l'après barrage - Vallée du fleuve Sénégal. *EN-DA - Ministère de la Coopération française, 632 pages*.
- Fofana 1992 : L'amélioration du mil au Sénégal. *rapport d'activités 1992 ISRA Bambey*
- Follin J. C. 1993 : Communication personnelle
- Forest F. 1986 : L'eau et la production du maïs en régions tropicales. *CIRAD-IRAT/INRA/ORSTOM, 15 pages*.
- Gay J. P. 1984 : Le cycle du maïs. *Colloque "Physiologie du maïs" INRA, CNRS, AGPM, Royan 15-17 mars 1983, 10 pages*.
- Gay J. P. 1984 : Fabuleux maïs ; histoire et avenir d'une plante. *AGPM, 295 pages*.
- Gay J. P. et D. Bloc 1992 : La tolérance aux stress chez le maïs : un axe de recherche prioritaire. *Perspectives agricoles décembre 1992 6 pages*
- Gay J. P. 1990 à 1993 : Rapports d'activité. *Pôle transnational sur le maïs irrigué CIRAD-CA, ISRA, Coopération Française*
- Goebel R. 1990 : Prospection entomologique sur le fleuve Sénégal (hiverna ge 89). *Pôle transnational sur la maïs irrigué CIRAD-CA, ISRA, Coopération Française*.
- Goebel R. 1991 : Rapport de campagne 90 sur les problèmes phytosanitaires en maïsiculture irriguée sur le fleuve Sénégal. *Pôle transnational sur le maïs irrigué CIRAD-CA, ISRA, Coopération Française*.
- Goebel R. 1992 et 1993 : Rapports d'activité. *Pôle transnational sur le maïs irrigué CIRAD-CA, ISRA, Coopération Française*

□ Hardy G. 1921 : La mise en valeur du Sénégal, de 1817 à 1854. *E. LAROSE - Editeur Paris.*

□ Hecq J., F. Dugauquier 1990 : Périmètres Irrigués Villageois en Afrique Sahélienne" *CTA.*

□ IRAT 1969 : Rapport synthétique général sur l'acquis de la recherche agronomique et les possibilités d'exploitation en milieu rural. *Volume II, les possibilités d'amélioration du milieu rural. PNUD - FAO - OERS, 252 pages.*

□ IRAT 1972 : Compte rendu des travaux d'expérimentation agronomique.

\* volume I : Rapport de synthèse.

\* volume II : Rapport analytique, travaux portant sur les cultures de riz, sorgho, maïs et vigne. *PNUD - FAO - OMVS, 118 pages.*

□ ISRA 1991 : Rapport d'avancement au 1er octobre 1991 du Pôle transnational maïsiculture irriguée de Saint Louis.

□ ISRA 1992 : Etat d'exécution des programmes de recherches de la DRCSI. *ISRA Saint Louis/DRCSI, 42 pages.*

□ Jamin J. Y. 1983 : Bilan des acquis de la recherche agronomique dans la vallée du fleuve Sénégal. *ISRA, 21 pages.*

p Jamin J. Y. 1986 : Propositions d'actions de recherche et de développement pour une meilleure connaissance et une meilleure utilisation du milieu naturel de la vallée du fleuve Sénégal. *ISRA IRAT/CIRAD, 49 pages.*

□ Luce C. 1988 : L'amélioration variétale du sorgho au Sénégal ; acquis (1950-1986) et perspectives de recherches. *ISRA, Vol. 1 n° 2, 22 pages.*

□ Lucido M. 1976 : Pour une contribution à l'établissement de calendriers culturaux dans la moyenne vallée du Sénégal. *PNUD/FAO/OMVS.*

□ Morel R. 1992 : Atlas Agroclimatique des pays de la zone CILSS - *Programme Agrhymet, 11 tomes. Coopération Française*

□ Moscal T. 1978 : Rapport de campagne, saison sèche-froide 1976-77 et hivernage 1977 (maïs, sorgho, triple culture céréalière et soja). *PNUD - FAO - OMVS, 38 pages.*

□ Moscal T. 1978 : Rapport sur les résultats des essais concernant le blé, le maïs et le sorgho (campagne de saison sèche froide 1977-78). *PNU - FAO - OMVS - MDR, 47 pages.*

□ Moscal T. 1978 : Rapport sur les résultats de la campagne d'hivernage 1978 (maïs, sorgho, niébé et soja). *PNUD - FAO - OMVS - MDR - 38 pages.*

□ Moscal T. 1980 : La culture du maïs dans la vallée du Sénégal. *SAED - Saint Louis.*

□ Ndiaye A. 1991 : Rapport d'activités 1990. *Pôle transnational sur le maïs irrigué. CIRAD - CA / ISRA Coopération Française*

□ Ndiaye J. P. 1987 : Fertilité et fertilisation des sols de rizière dans la vallée du fleuve Sénégal. *ISRA - CNRA/ Bambey, 47 pages.*

□ Niemann B. C. H. 1969 : Défense des cultures, phytopathologie. in *"Projet pour le développement de recherche agronomique et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal", 38 pages.*

□ OMVS/CEPC 1988 : Banque de données des aménagements hydro-agricoles du bassin du Sénégal, *OMVS Saint Louis/Dakar.*

□ Pagès J. 1991 : Evolution de la production de tomate industrielle dans la vallée du Sénégal. Le point de vue de la recherche. *Document interne ISRA (8 pages).*

□ Pagès J., H. De Bon 1993 : Yield structure of onion crop in Senegal as influenced by pink-root disease. *CIRAD-CA, ISRA, Coopération Française (7 pages, sous presse).*

□ Pan C. L. 1969 : La production du riz et du blé dans la vallée du fleuve Sénégal. *Projet pour le développement de la recherche agronomique et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal, F.A.O. 66 pages.*

- Papy L. 1951 : La vallée du Sénégal - Agriculture traditionnelle et riziculture mécanisée. *Les cahiers d'Outre Mer* - n° 16 4<sup>ème</sup> année
- PDRG 1991 : Plan Directeur de Développement intégré pour la Rive Gauche de la Vallée du fleuve Sénégal, 1991 - synthèse. République du Sénégal - PNUD - BIRD, 35 pages.
- Poulain J. F., Couey M. et Sapin P. 1970 : Etude comparée de systèmes d'exploitation en culture irriguée. *IRAT*, 21 pages.
- Reynard A. 1983 : Rapport de synthèse des travaux effectués à la station de Ndiol - Possibilités et intérêts de différents modèles d'exploitation familiaux. Convention Delta SAED/ISRA - IRAT
- Rijks D. 1976 : Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal, agrométéorologie. *FAO*, 171 pages.
- Rouanet G. et Piéri C., 1986 : Les systèmes de culture et l'agronomie du maïs. *CIRAD-IRAT/INRA/ORSTOM*, 16 pages.
- SAED 1990 : La SAED a 25 ans. *Document SAED* 30 pages
- Saglio P. et A. Pradet 1983 : Effet du manque d'oxygène sur l'alimentation en sucre de la jeune racine de maïs. in "colloque Physiologie du maïs" Royan Mars 83 Ed. INRA p. 331-338
- SEDAGRI 1973 : Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal ; étude pédologique. *OMVS-FAO*.
- Sapin M. 1963 : Rapport d'activité du secteur de recherche agronomique du fleuve Sénégal. convention tripartite Sénégal-Mauritanie-France. *IRAT*, 189 pages.
- Sapin M. 1971 : La culture et la sélection du blé. *Projet pour le développement de la recherche agronomique et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal*, 22 pages.
- Sapin M. 1971 : La culture du sorgho de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal. *Projet pour le développement de la recherche agronomique et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal*, 21 pages.
- SODEFITEX 1992 : Projet d'introduction de la culture cotonnière et des cultures à fort potentiel d'intensification sous irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal, 100 pages.
- Tourte R. 1965 : Développement possible de la culture du maïs au Sénégal. *IRAT - CRA Bambey* 32 pages.
- Trouche G. et Cissokho M. 1992 : Amélioration variétale du sorgho - région du fleuve Sénégal. *Rapport analytique hivernage 91. CNRA Bambey, ISRA* 22 pages.
- Vanbercie R. 1970 : Possibilité de culture du tabac dans le bassin du fleuve Sénégal. *FAO*, 43 pages.
- Verguin G. 1972 : Action de pré vulgarisation Kayes - Mali, note de synthèse présentée au comité de la recherche agronomique. *Projet pour le développement de la recherche et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal*, 9 pages.
- Verguin. G. 1973 : Action de pré vulgarisation dans la région, de Kayes au Mali ; le maraîchage. *Projet pour le développement de la recherche et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal*, 67 pages.
- Volper S. 1991 : Rapport d'activités. *Pôle transnational sur le maïs irrigué CIRAD-CA, ISRA, Coopération Française*.
- Volper S. 1993 : Rapport final des activités conduites entre septembre 1998 et mai 1992. *Pôle transnational sur le maïs irrigué CIRAD-CA, ISRA, Coopération Française*.